

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 1998 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04570473

CHROMATIC ABERRATION CORRECTING SINGLE LENS

PUB. NO.: 06-242373 [J P 6242373 A]
PUBLISHED: September 02, 1994 (19940902)
INVENTOR(s): MARUYAMA KOICHI
APPLICANT(s): ASAHI OPTICAL CO LTD [350041] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)
APPL. NO.: 05-138301 [JP 93138301]
FILED: June 10, 1993 (19930610)
INTL CLASS: [5] G02B-013/18; G02B-003/02; G02B-005/18
JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)
JAPIO KEYWORD:R002 (LASERS)
JOURNAL: Section: P, Section No. 1834, Vol. 18, No. 627, Pg. 124,
November 29, 1994 (19941129)

ABSTRACT

PURPOSE: To provide a lens capable of correcting chromatic aberration without increasing the component number of lenses by utilizing a diffraction effect.

CONSTITUTION: This lens has at least an aspheric surface in which the radius of curvature becomes larger from an optical axis toward a periphery as one surface, and it is constituted so that at least either surface may be a diffraction lens surface formed like stairs as an annular band dispersedly shifting in a direction where lens thickness is increased according as being away from the optical axis.

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-242373

(43)公開日 平成6年(1994)9月2日

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

G 0 2 B 13/18

3/02

5/18

9120-2K

8106-2K

9018-2K

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平5-138301

(22)出願日 平成5年(1993)6月10日

(31)優先権主張番号 特願平4-340562

(32)優先日 平4(1992)12月21日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72)発明者 丸山 晃一

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学

工業株式会社内

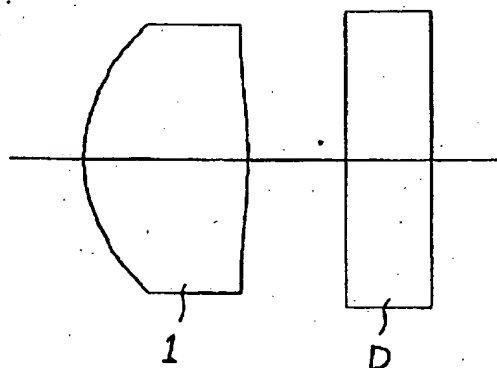
(74)代理人 弁理士 西脇 民雄

(54)【発明の名称】 色収差補正単レンズ

(57)【要約】

【目的】 回折効果を利用することにより、構成枚数を増やさずに色収差を補正することができるレンズを提供することを目的とする。

【構成】 光軸から周辺に向かって曲率半径が大きくなる非球面を少なくとも1面に有し、少なくともいずれかの面を、光軸から離れるに従ってレンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする輪帯として階段状に形成された回折レンズ面として構成したことを特徴とする。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】光軸から周辺に向かって曲率半径が大きくなる非球面を少なくとも1面有する単レンズであって、少なくともいずれかの面が、光軸から離れるに従ってレンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする輪帯として階段状に形成された回折レンズ面として構成されたことを特徴とする色収差補正単レンズ。

【請求項2】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の色収差補正単レンズ。

$$0.8 \leq t(n-1)/\lambda \leq 1.0$$

ただし、

λ : 使用波長、

t : 光軸方向への1輪帯ごとのシフト量(段差)、

n : レンズを構成する媒質の屈折率である。

【請求項3】遠い共役点側の面が前記回折レンズ面とされ、近い共役点側の面が連続的な非球面とされ、前記回折レンズ面は、光軸からの高さの2乗にほぼ反比例するピッチ毎に離散的にシフトする輪帯として階段状に形成されていることを特徴とする請求項1および2に記載の色収差補正単レンズ。

【請求項4】光情報記録再生装置の光学系中に設けられ、前記遠い共役点の側から入射した平行光束を光記録媒体上に収束させる対物レンズとして機能することを特徴とする請求項3に記載の色収差補正単レンズ。

【請求項5】近い共役点側の面が前記回折レンズ面とされ、遠い共役点側の面が連続的な非球面とされ、前記回折レンズ面は、光軸からの高さの2乗にほぼ反比例するピッチ毎に離散的にシフトする輪帯として階段状に形成されていることを特徴とする請求項1および2に記載の色収差補正単レンズ。

【請求項6】近い共役点側の面は、光軸に対して垂直な平面を基礎に前記回折レンズ面を形成したことを特徴とする請求項4に記載の色収差補正単レンズ。

【請求項7】光情報記録再生装置の光学系中に設けられ、近い共役点側に半導体レーザーが設けられ、該半導体レーザーからの発散光を平行光束とするコリメートレンズとして機能することを特徴とする請求項6に記載の色収差補正単レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、単独で色収差が補正されたレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、光ディスク用の対物レンズには、軽量化のために両面非球面の単レンズが使われるようになってきている。しかし、従来の単レンズは色収差を補正できなかった。

【0003】光ディスク装置の光源として用いられている半導体レーザーは、出力パワーの変化、あるいは温度の変化により発光波長がシフトする。このため、対物レ

ンズの色収差が補正されていない場合には、光束の集光位置が波長のシフトにより変化し、情報の読取、書込みに誤りを生じる可能性がある。

【0004】この問題を解決するため、本発明者らは、ガラスレンズを2枚、あるいは3枚貼り合わせた色収差補正素子を発明した(特開平3-155514号公報、特開平3-155515公報参照)。この色収差補正素子を非球面単レンズと組み合わせて使用することにより、従来の色収差が補正されたレンズより少ない枚数で波長変動による影響を受けないレンズを提供できた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の公報に開示される手段によっても、色収差を補正するために対物レンズが本来持つべき収束作用には直接関与しない素子を設けなければならない。したがって、色収差を補正した光学系は、これを補正していない光学系よりも重量、部品点数が共に増加するという問題がある。

【0006】

【発明の目的】この発明は 上記の課題に鑑み、回折効果を利用することにより、構成枚数を増やさずに色収差を補正することができるレンズを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成させるため、この発明にかかる色収差補正単レンズは、光軸から周辺に向かって曲率半径が大きくなる非球面を少なくとも1面に有し、少なくともいずれかの面を、光軸から離れるに従ってレンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする輪帯として階段状に形成された回折レンズ面として構成したことを特徴とする。

【0008】

【実施例】以下、この発明にかかる色収差補正単レンズの実施例を説明する。まず、この発明の原理を説明する。

【0009】屈折率 n 、屈折率の波長変化に対する変化 Δn の材料を用いて作った焦点距離 f の薄肉レンズの波長変化に対するパワーの変化 ΔR は、以下の式(1)で表される。

【0010】

$$\text{【数1】 } \Delta R = \Delta n / (f(n-1)) \dots (1)$$

【0011】レンズを構成するのに十分な屈折率 n を有し、かつ、屈折率変化 Δn が小さい物質は存在しないため、パワーを持った通常の単レンズでは、波長の変化によるパワーの変動 ΔR を抑えることはできない。

【0012】そこで、この発明の色収差補正単レンズは、単レンズの何れかの表面を回折レンズ面とし、その回折効果を利用して単レンズの屈折作用で発生する色収差をキャンセルするよう構成している。

【0013】回折レンズには、回折のタイプにより振幅型回折レンズ及び位相型の回折レンズが考えられるが、

10

20

30

40

50

3

光の利用効率の点から位相型の回折レンズとすることが望ましい。位相型の回折レンズは、光軸に対して垂直な平面を光軸に対して同心円状の輪帯として階段状に形成して構成される。

【0014】レンズの屈折によるパワーを ϕR 、レンズの1面に形成された回折レンズ面によるパワーを ϕD とすると、これらを合成したパワー ϕT は以下の(2)式により表される。

【0015】

$$\text{【数2】 } \phi T = (HR/H1) \phi R + (HD/H1) \phi D \quad \dots(2)$$

ただし

H1: レンズ系への近軸光線の入射高さ、

HR: H1で入射した近軸光線の屈折レンズの前側主点への入射高さ、

HD: H1で入射した近軸光線の回折レンズの前側主点への入射高さである。

【0016】説明を簡単にするためにレンズを薄レンズであるとみなすと、(2)式は下の(3)式のように変形できる。

【0017】

$$\text{【数3】 } \phi T = \phi R + \phi D \quad \dots(3)$$

【0018】通常の屈折系のレンズにおいて、波長変動に伴う屈折率の変化 Δn により発生するレンズパワーの変化量 ΔR は、屈折によるパワーを ϕR として(4)式で表される。

【0019】

$$\text{【数4】 } \Delta R = \phi R (\Delta n / (n-1)) \quad \dots(4)$$

【0020】一方、回折レンズ面の持つパワー ϕD は、回折によって発生する光路長差を光軸からの距離により2階微分して得られる。また、光路長差は波長に比例するため、設計基準波長 λ_0 に対し波長が $\Delta \lambda$ シフトした際の回折によるパワーの変化量 ΔD は、以下の(5)式で表される。

【0021】

$$\text{【数5】 } \Delta D = (\Delta \lambda / \lambda_0) \phi D \quad \dots(5)$$

【0022】例えば、基準波長 $\lambda_0=780\text{nm}$ 、シフト $\Delta \lambda=\pm 10\text{nm}$ の半導体レーザーを光源として用いる焦点距離*

$$t(h) = 0.780 \times 10^{-3} / (n-1)$$

$$= 0.780 \times 10^{-3} / 0.68468 = 1.14 \times 10^{-3} * h^2 \quad \dots(12)$$

【0032】したがって、回折レンズは、巨視的には凹レンズのように光軸からの距離の2乗に比例するようにレンズ厚が厚くなるような形状を持ち、微視的には前述したように光軸に対して同心円状に、階段状に配列して構成することにより、所望のパワーを得ることができる。

【0033】なお、以上の説明は色収差補正単レンズを薄肉レンズと仮定しているため、光線の入射高さはレンズの2つの面で変化しないものとして扱っているが、実際にはレンズ面へ入射する高さが前面後面で異なるため、 h の変化をも考慮しなければならない。

4

*10mmのレンズを株式会社オハラのもの(LAL13(商品名: n780=1.68468, $\Delta n=-0.000032$))を用いて製作する場合、上記の(4)、(5)式から、以下の値が得られる。

【0023】

【数6】

$$\Delta R = \phi R (\Delta n / (n-1)) = -4.67 \times 10^{-4} \cdot \phi R$$

$$\Delta D = \phi D (\Delta \lambda / \lambda_0) = 1.28 \times 10^{-2} \cdot \phi D$$

【0024】波長の違いによる合成パワーの変化量を抑えるためには、 $\Delta R + \Delta D = 0$ となるよう設定すればよい。

すなわち、以下の(7)式を満たすことにより、基準波長780nmの近傍において色収差を持たないレンズを得ることができる。

【0025】

$$\text{【数7】 } \phi R : \phi D = 1 : 0.0364 \quad \dots(7)$$

【0026】また、焦点距離を10mmとするためには、次の(8)式を満たす必要があり、かつ、上記の(7)式と以下の(8)式とから、屈折、回折による各パワーは、(9)・(10)式に示すとおりとなる。

$$\text{【0027】 } \phi R + \phi D = 0.100 \quad \dots(8)$$

$$20 \quad \phi R = 0.09649 \quad \dots(9)$$

$$\phi D = 0.00351 \quad \dots(10)$$

【0028】(10)式を光軸からの距離で2階積分することにより、回折レンズ面上で光軸からの高さ h の点における光路長差OPD(h)が次の(11)式のように定まる。

$$\text{【0029】 } \text{OPD}(h) = 0.5 * \phi D * h^2$$

$$= 0.5 * 0.00351 * h^2$$

$$= 1.755 \times 10^{-3} * h^2 \quad \dots(11)$$

【0030】ただし、回折を生じさせるためには、光路長差を連続的でなく、断続的、離散的に変化させて階段状に形成する必要がある。すなわち、光路に沿った厚さ t の媒質を通った光と空気中を通る光との間に発生する光路長差は $(n-1)t$ で与えられるため、回折レンズの階段の段差は、以下の(12)式で得られる t 、もしくはその整数倍とする必要がある。

【0031】

40* 【0034】また、光路長差 $t(n-1)$ と波長との比率は、以下の条件(A)を満たすことが望ましい。

【0035】

$$\text{【数8】 } 0.8 \leq t(n-1) / \lambda \leq 1.0 \quad \dots(A)$$

【0036】一般に、回折レンズ面は、階段の段差が一波長分となるよう形成すれば、1次の回折光を用いることとなり、波長の変化による波面収差の劣化を抑えることができるため、波長変化による回折効率および結像性能の低下を防ぐことができる。

【0037】そして、使用波長幅が狭い場合、あるいは輪帯幅が狭く製造が困難な場合等には、階段の段差を波

長の2倍、あるいは3倍以上の整数倍としても色収差補正は可能である。ただし、条件(A)の上限を越えて段差を10波長分以上とすると、従来のフレネルレンズと同等の構成となり、段差量の製作上の誤差による位相整合のズレが大きくなり易く、かつ、設計波長から離れた波長の入射光に対して回折レンズの効率が低下する。

【0038】条件(A)の下限を下回る場合には、回折レンズの位相整合をとることができず実質的に回折レンズとしての機能を果たさない。

【0039】回折レンズと屈折レンズとを色収差補正のために一体化する場合、(7)式に示すようにパワーのほとんどは屈折レンズが分担するため、屈折レンズはほぼ単独で収差が補正されている必要がある。また、回折レンズは屈折レンズの色収差を補正する機能のみを有するため、ほぼパワーを持たない。したがって、一体化された色収差補正単レンズは、巨視的な形状としては従来の非球面単レンズと際だった差はない。

【0040】

【実施例1】図1は、この発明の実施例1にかかる色収差補正単レンズを用いた光学系を示す。この例では、色収差補正単レンズを光ディスク装置の対物レンズとして用いている。図中左側から入射した平行光束は、巨視的な形状が両凸である対物レンズ1により、光ディスクのカバーガラスDの内側(図中右側)に位置する記録面に収束される。

【0041】図2(a)(b)は、それぞれ対物レンズ1を輪帯の形状が解るよう誇張して示した断面図、平面図である。対物レンズ1の図2(a)の左側となる平行光束入射側の面は、屈折レンズとしての非球面に回折レンズ面として作用する輪帯を形成した不連続面であり、光軸から離れるに従ってレンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする同心円状の輪帯として階段状に形成されている。また、カバーガラスD側の面は通常の連続した非球面である。

【0042】光ディスク装置の対物レンズのような高NAのレンズを単レンズで構成する場合、球面収差とコマ収差とを同時に補正するためには、平行光束が入射する側、すなわち、遠い共役点側の面を、光軸から周辺に向かって曲率半径が大きくなるような凸の非球面とする必要がある。

【0043】また、明るいレンズはコマ収差の補正のため正弦条件をほぼ満足する必要があるため、このようなレンズに回折レンズを一体化する場合には、回折レンズが持つべき光路長は光線の入射高さhの2乗には比例せず、入射角、射出角の正弦の2乗に比例する。したがって、平行光束が入射、射出する側の面を回折レンズ面とする場合を除き、回折レンズ面の形状は光軸からの距離hの2乗比例より周辺で緩やかになるように変化させる必要がある。また、回折レンズへの光線の入射角度が斜めになる場合には、実効的厚さが増加するため、高NA

のレンズの射出側面に回折レンズを配置する場合には、シフト量もhの関数として考慮しなければならない。

【0044】実施例1のように遠い共役点側に回折レンズを一体化した場合は、光線はこの回折レンズ面で光軸方向に変角作用を受けるため、回折レンズ面の輪帯の段差は光軸から周辺に向かうに従って増加する。ただし、面を光線に沿ってシフトさせる構造は製造上困難であるため、実際の製造時には光軸方向にシフトした形をとればよい。

【0045】実施例1の具体的な数値構成は、表1-3に示される。また、図3は、この構成によるコマ収差、770nm, 780nm, 790nmの球面収差により示される色収差、非点収差(S:サジタル、M:メリディオナル)を示す。

【0046】

【表1】

基準波長	λ_0	780nm
焦点距離	f	3.30mm
開口数	NA	0.55
レンズ材質	n780	1.53677
Δn	0.000025/nm	
レンズ厚	t	2.21mm
ディスク厚	tD	1.20mm
ディスク屈折率	nD	1.57346

【0047】色収差補正単レンズ1の第1面の形状は、光軸からの距離hの点の非球面のサグ量X(h)を以下の(13)式で定義したとき、表2に示した各係数により与えられる。(13)式は、普通の非球面表現形式に Δn の項が追加されたものである。INT(x)は、xの整数部分を取り出す関数である。

【0048】

【数9】

$$X(h) = h^2 / (rN * (1 + \sqrt{1 - (1 + KN) * h^2 / rN^2})) + A4N * h^4 + A6N * h^6 + A8N * h^8 + A10N * h^{10} + \Delta n \quad \dots (13)$$

ただし、rは非球面頂点の曲率半径、Nは高さhの点の属す輪帯番号、Kは円錐係数、A4, A6, A8, A10はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。

【0049】

【表2】

N	=	INT(4.71 * h^2 + 0.5)
rN	=	2.126 + 5.09 * 10 ⁻⁴ * N
KN	=	-0.3689
A4N	=	-1.470 * 10 ⁻³ + 1.45 * 10 ⁻⁶ * N
A6N	=	-2.180 * 10 ⁻⁴ + 8.72 * 10 ⁻⁸ * N
A8N	=	-1.000 * 10 ⁻⁵ + 4.36 * 10 ⁻⁸ * N
A10N	=	-1.400 * 10 ⁻⁵ + 3.49 * 10 ⁻⁸ * N
Δn	=	-0.001453 * N

【0050】また、色収差補正単レンズ1の第2面の形状は、非球面を(14)式で定義したとき、表3に示した各係数により与えられる。

【0051】

7

【数10】 $X(h) = h^2 / (r * (1 + \sqrt{1 - (1 + K) * h^2 / r^2}))$
 $+ A4 * h^4 + A6 * h^6 + A8 * h^8 + A10 * h^{10} \dots (14)$

【0052】

【表3】

$r = -6.763$

$K = 0.000$

$A4 = 1.777 \times 10^{-2}$

$A6 = -3.950 \times 10^{-3}$

$A8 = 5.770 \times 10^{-4}$

$A10 = -2.960 \times 10^{-5}$

【0053】

【実施例2】図4は、この発明の実施例2にかかる色収差補正単レンズを半導体レーザーからの発散光を平行光束とするコリメートレンズとして用いた例を示している。コリメートレンズ2は、巨視的な形状が平行光束の射出側となる図中左側に凸となるメニスカス形状である。

【0054】図5(a)(b)は、それぞれコリメートレンズ2を輪帯の形状が解るよう誇張して示した断面図、平面図である。コリメートレンズ2の図5(a)の右側となる半導体レーザーのカバーガラス3に対向する面は、ほぼパワーを持たない回折レンズ面として作用する輪帯を形成した不連続面であり、光軸から離れるに従ってレンズ厚が厚くなる方向へ離散的にシフトする同心円状の輪帯として階段状に形成されている。また、平行光束の射出側となる図中左側の面は、通常の連続した非球面である。

【0055】実施例2のように短い共役点側の面に回折レンズ面を形成する場合には、屈折率1.65から1.80の材質を用いれば、一方の面を非球面とするのみで球面収差とコマ収差とを同時に補正できるため、他方の面をパワーを持たない面とすることができ、したがって、回折レンズ面は平面を基礎として形成することができるため、成形用の型の加工が容易になる。

【0056】屈折率が1.65から1.80の範囲に入らない場合には、回折レンズ面を平面化すると球面収差とコマ収差の同時補正が困難になり、コマ収差が残るために高NAのレンズとしては不適当である。

【0057】実施例2の具体的な数値構成は、表4、5に示される。コリメートレンズ2の図4中左側となる第1面の形状は、前述した実施例1の(14)式により、表5の数値によって与えられる。また、図6は、この構成によるコマ収差、球面収差により示される色収差、非点収差を示す。

【0058】

【表4】

基準波長	λ_0	780nm
焦点距離	f	10.8mm
開口数	NA	0.20
レンズ材質	n780	1.66959

8

$\Delta n = 0.000030 / \text{nm}$

レンズ厚 t 2.50mm

カバーガラス厚 t_c 0.25mm

カバーガラス屈折率 n_c 1.51072

【0059】

【表5】

$r = 7.231$

$K = -0.5933$

$A4 = 0.000$

10 $A6 = -3.440 \times 10^{-7}$

$A8 = -4.370 \times 10^{-9}$

$A10 = 0.000$

【0060】色収差補正単レンズの第2面形状は、光軸からの距離 h の点のサグ量 $X(h)$ として、以下の(15)式で与えられる。

【0061】

【数11】 $X(h) = \Delta N \dots (15)$

ただし、 N は高さ h の点の属す輪帯番号であり、非球面を記述する係数は以下に示す N の関数である。

20 【0062】

【数12】 $N = \text{INT}(2.70 * h^2 - 0.0318 * h^4 + 0.5)$

$\Delta N = 0.001165 * N$

【0063】

【実施例3】図7は、この発明の実施例3にかかる色収差補正単レンズを有限系の光ディスク用対物レンズとして用いた光学系を示す。図示せぬレーザー光源からのレーザー光が図中左側から基板4を介して発散光として対物レンズ5に入射し、この対物レンズ5により光ディスクのカバーガラスDの裏面に収束される。基板3は、光分岐用のホログラム等が形成されるものである。

【0064】対物レンズ5の図中左側面は、非球面上に回折レンズ面が形成されて階段状に形成されており、右側面は、連続する非球面とされている。

【0065】この実施例に示した有限系の明るい対物レンズのように、レンズのパワーが強い場合や波長が近接していない場合には、屈折系のレンズ単独で波長ごとに焦点位置のみではなく球面収差量も変化するが、回折レンズによりその球面収差の変化を相殺するような球面収差を発生させることも可能である。

40 【0066】一般に可視光近傍の波長範囲では、基準波長において補正されている正レンズの球面収差は、屈折率が高くなる短波長光に対してはアンダーとなり、屈折率が低くなる長波長光に対してはオーバーとなる。

【0067】したがって、この波長変動による球面収差の変化を打ち消すためには、レンズの周辺に向けて回折レンズのパワーが漸次増加するよう設定すればよい。低次の球面収差の変化は、波面収差として4次関数になるため、回折レンズの形状を h の2乗比例部と h の4乗比例部との関数で定義することにより、球面収差の波長変化による変動をも抑えることができる。

50

【0068】実施例3の具体的な数値構成は、表6-8に示される。対物レンズ4の図中左側の第1面の形状は、実施例1で示した(13)式により表7の数値によって与えられ、第2面の形状は同じく(14)式により表8の数値によって与えられる。また、図8は、この構成によるコマ収差、球面収差により示される色収差、非点収差を示す。

【0069】

【表6】

基準波長	λ_0	780nm
倍率	m	-0.250
焦点距離	f	2.64mm
物像間距離	IO	17.76mm
開口数	NA	0.55
レンズ材質	n780	1.53677
Δn	0.000025/nm	
レンズ厚	t	2.00mm
カバーガラス厚	tC	1.00mm
カバーガラス屈折率	nC	1.51072
ディスク厚	tD	1.20mm
ディスク屈折率	nD	1.57346

【0070】

【表7】

$$\begin{aligned}
 N &= \text{INT}(7.54 \cdot h^2 + 0.161 \cdot h^4 + 0.5) \\
 rN &= 1.939 + 1.95 \times 10^{-4} \cdot N \\
 KN &= -0.4290 + 6.90 \times 10^{-5} \cdot N \\
 A4N &= -8.120 \times 10^{-3} + 6.90 \times 10^{-7} \cdot N \\
 A6N &= -3.900 \times 10^{-4} - 2.07 \times 10^{-7} \cdot N \\
 A8N &= -8.260 \times 10^{-5} + 1.45 \times 10^{-7} \cdot N \\
 A10N &= -1.910 \times 10^{-5} - 1.03 \times 10^{-8} \cdot N \\
 \Delta N &= -0.001453 \cdot N
 \end{aligned}$$

【0071】

【表8】

$$\begin{aligned}
 r &= -3.377 \\
 K &= 0.000 \\
 A4 &= 2.768 \times 10^{-2} \\
 A6 &= -4.261 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

$$A8 = 5.157 \times 10^{-4}$$

$$A10 = -1.940 \times 10^{-5}$$

【0072】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、非球面の単レンズ1枚で球面収差、コマ収差等を抑えつつ、色収差を補正することができる。したがって、このレンズを対物レンズとして用いる場合には、従来の非球面对物レンズとはほぼ同じ大きさ重さを保ちつつ、色収差を補正して光源の波長変動によるピント位置のズレ等を抑えることができる。

10

【0073】また、長い共役点側、すなわち平行光束が入射する側に回折レンズ面を形成した場合には、光ディスクの回転に伴って発生する気流によるゴミの付着を避けることができる。

【0074】逆に、コリメートレンズ等としての利用時に短い共役点側面に回折レンズ面を配置する場合は、材質の屈折率を適宜選択することにより、ほぼパワーを持たない面に回折レンズ面を形成することができる。この場合には、回折レンズ面が平面をシフトした単純な形状となるため、製造が容易になる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1にかかる色収差補正単レンズを光ディスク装置の無限系の対物レンズとして用いた例を示す光学系の構成図である。

【図2】 図1に示した対物レンズの形状を誇張して示した(a)断面図、(b)平面図である。

【図3】 図1に示した光学系の諸収差図である。

【図4】 この発明の実施例2にかかる色収差補正単レンズをコリメートレンズとして用いた場合の光学系の構成図である。

30

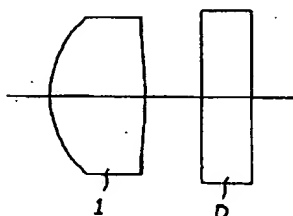
【図5】 図4に示したコリメートレンズの形状を誇張して示した(a)断面図、(b)平面図である。

【図6】 図4に示した光学系の諸収差図である。

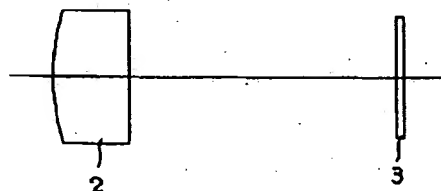
【図7】 この発明の実施例3にかかる色収差補正単レンズを光ディスク装置の有限系の対物レンズとして用いた例を示す光学系の構成図である。

【図8】 図7に示した光学系の諸収差図である。

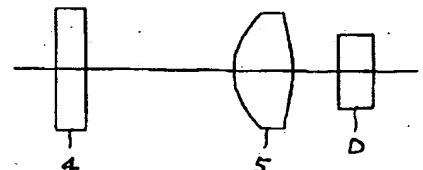
【図1】



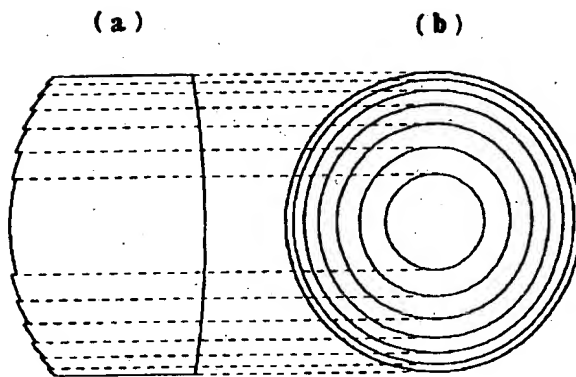
【図4】



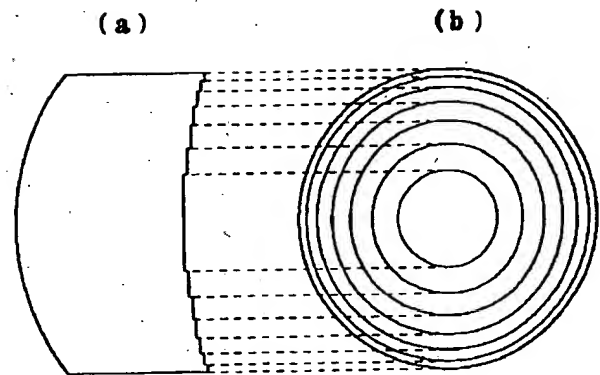
【図7】



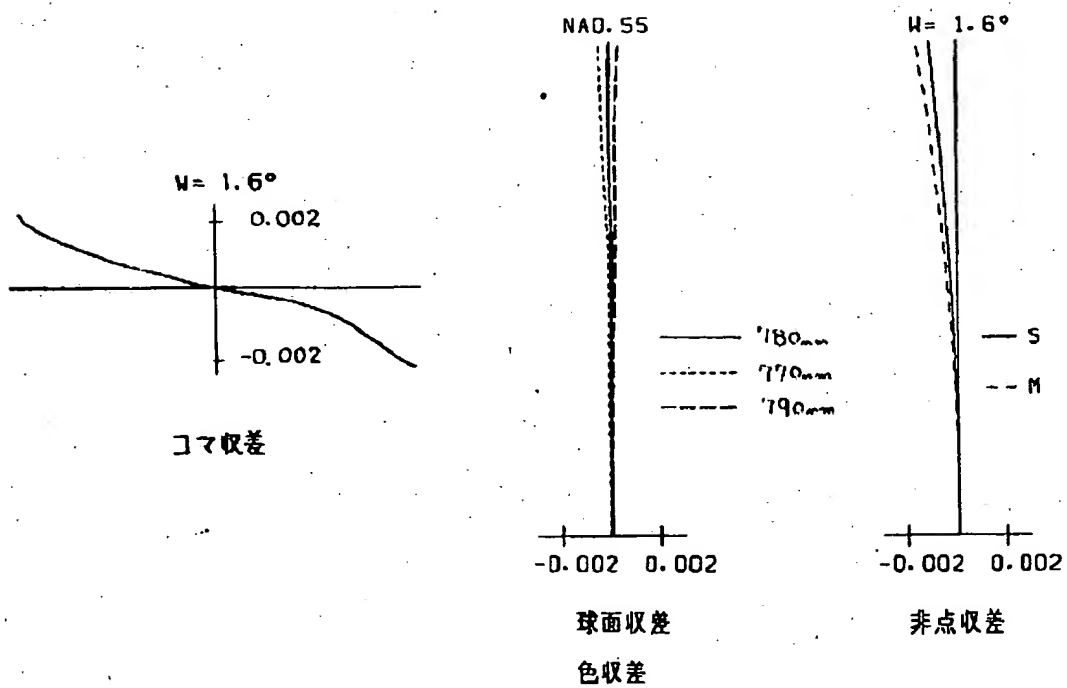
【図2】



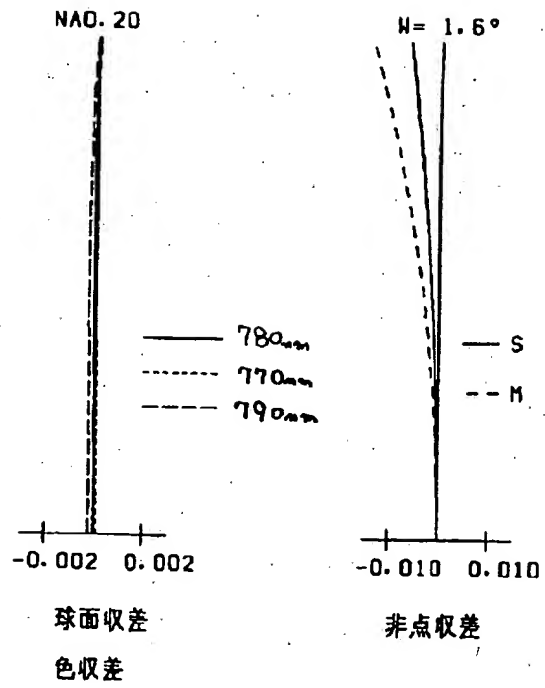
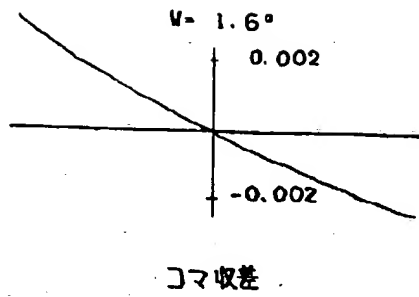
【図5】



【図3】



【図6】



【図8】

